



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## SPORTOVNÍ HALA

SPORTS HALL

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michal Kačírek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV BAJER, CSc.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Michal Kačírek
<b>Název</b>	Sportovní hala
<b>Vedoucí práce</b>	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

---

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Lederer, F.: Priestorové ocelové konštrukcie, SNTL Alfa, Praha

Ferjenčík, P., Schun, J., Melcher, J., Voříšek, V., Chladný, E.: Navrhovanie oceľových konštrukcií 1. časť + 2. časť, SNTL Alfa, Praha, 1986

Marek, P. a kol.: Kovové konstrukce pozemních staveb, SNTL Alfa, Bratistava, 1985

Skripta zabývající se danou problematikou

Normativní dokumenty z dané problematiky

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné ocelové konstrukce sportovní haly podle předané dispozice. Objekt se nachází v lokalitě Brno.

Předepsané přílohy

Technická zpráva se zhodnocením variant řešení.

Statický výpočet hlavních nosných částí, návrh a výpočet směrných detailů.

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím diplomové práce.

Výkaz materiálu.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je návrh nosné ocelové konstrukce sportovní haly podle předané dispozice. Objekt se nachází v lokalitě Brno. Konstrukce je řešena ve dvou variantách. Varianta "A" je zastřešena příhradovou deskou. Půdorysné rozměry haly jsou 78x46,5 metrů, výška konstrukce 13,0 metru. Varianta "B" je zastřešena pomocí prostorových příhradových vazníků s parabolickým dolním pásem a prostých vaznic. Půdorysné rozměry 84x46,5 metrů, výška konstrukce 12,8 metru. Střešní a obvodový plášť je tvořen sendvičovými izolačními panely s PUR pěnou a profilovaným plechem.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Kulový styčník, příhradová deska, prostorový příhradový vazník, sportovní hala, ocelová konstrukce

## ABSTRACT

The aim of the final thesis is to design steel structure of the sports hall in Brno. The design is processed in two options. The option "A" is designed in variant of flat space frame with dimensions 78x46,5 m and the structure height is 13,0 m. The option "B" is designed in variant of truss girder with parabolic lower belt and purlin. Dimensions are 84x46,5 m and the structure height is 12,8 m. Roof covering and curtain walling is made of sandwich panels with polyurethane foam and trapezoidal sheet.

## KEYWORDS

flat space frame, truss girder, sports hall, steel structure

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Michal Kačírek *Sportovní hala*. Brno, 2018. 28 s., 125 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10. 1. 2018

---

Bc. Michal Kačírek  
autor práce

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 2. 1. 2018

---

Bc. Michal Kačírek  
autor práce

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Miroslavovi Bajerovi, CSc., za odborné vedení a rady, taktéž za čas strávený nad konzultacemi a trpělivost při zodpovídání mých dotazů.

V neposlední řadě chci poděkovat všem mým blízkým, přátelům a rodině za podporu během celého studia.

Děkuji!

Michal Kačírek



## Obsah

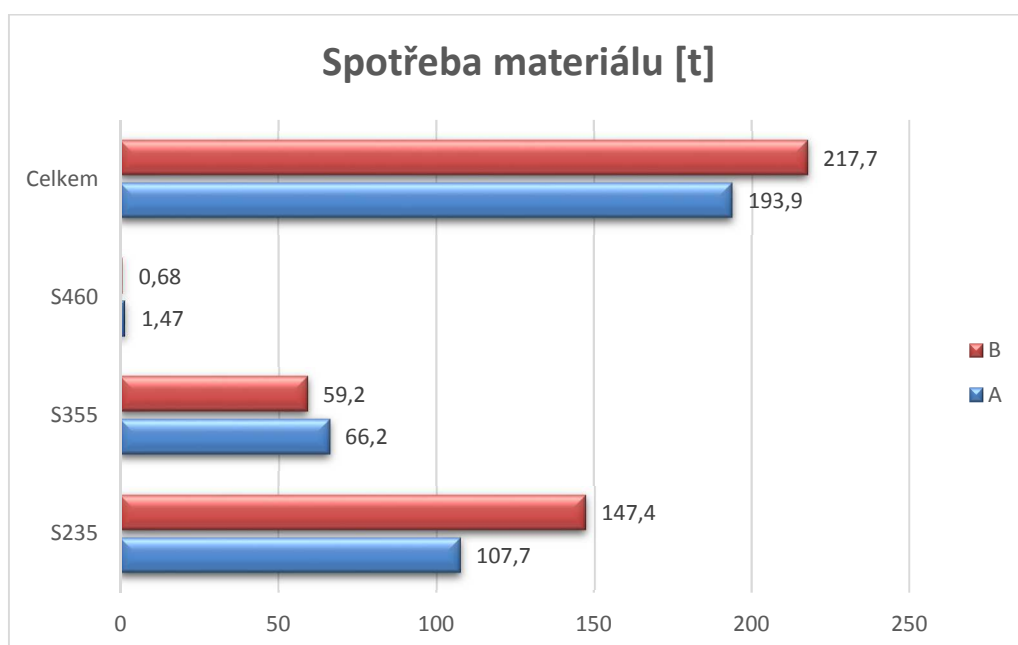
1	ÚVOD.....	10
2	POROVNÁNÍ VARIANT.....	10
2.1	Porovnání z hlediska spotřeby materiálu .....	10
2.2	Porovnání z hlediska ceny .....	11
2.3	Porovnání z hlediska poměru cENA/OBJEM, HMOTNOST/OBJEM .....	12
2.4	Porovnání z hlediska dopravy a montáže .....	12
2.5	Porovnání z hlediska chování konstrukce .....	13
2.6	Estetické hledisko.....	13
2.7	Závěr.....	13
3	SEZNAM POUŽITÝCH NOREM A LITERATURY:.....	14
4	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	14
5	SEZNAM PŘÍLOH .....	16

# 1 ÚVOD

Cílem diplomové práce je návrh nosné ocelové konstrukce sportovní haly podle předané dispozice. Objekt se nachází v lokalitě Brno. Konstrukce je řešena ve dvou variantách. Varianta "A" je zastřešena příhradovou deskou. Půdorysné rozměry haly jsou 78x46,5 metrů, výška konstrukce 13,0 metru. Varianta "B" je zastřešena pomocí prostorových příhradových vazníků s parabolickým dolním pásem a prostých vaznic. Půdorysné rozměry 84x46,5 metrů, výška konstrukce 12,8 metru. Střešní a obvodový plášť je tvořen sendvičovými izolačními panely s PUR pěnou a profilovaným plechem.

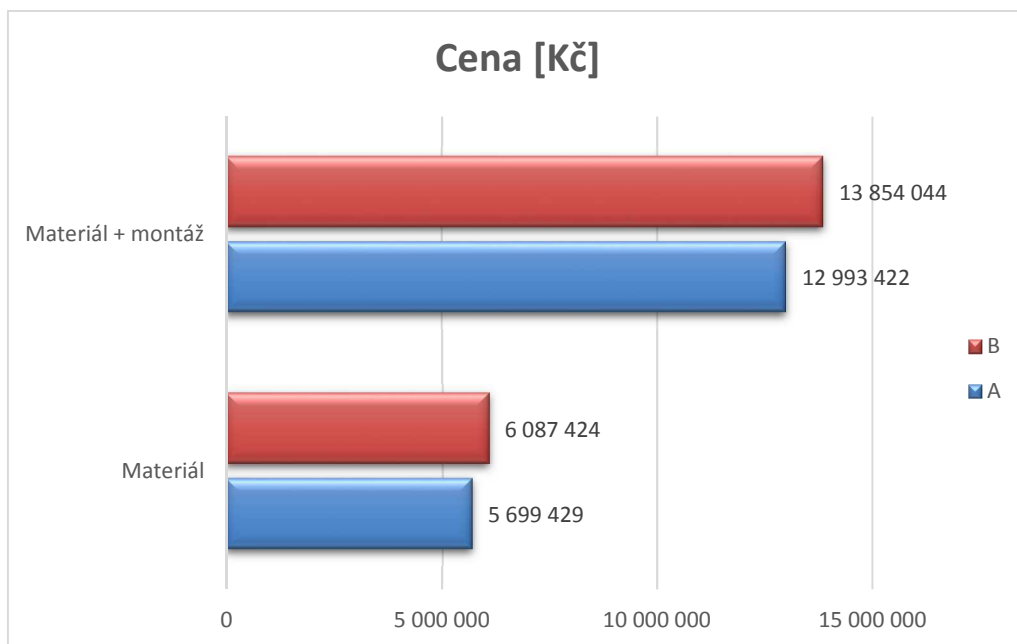
## 2 POROVNÁNÍ VARIANT

### 2.1 POROVNÁNÍ Z HLEDISKA SPOTŘEBY MATERIÁLU



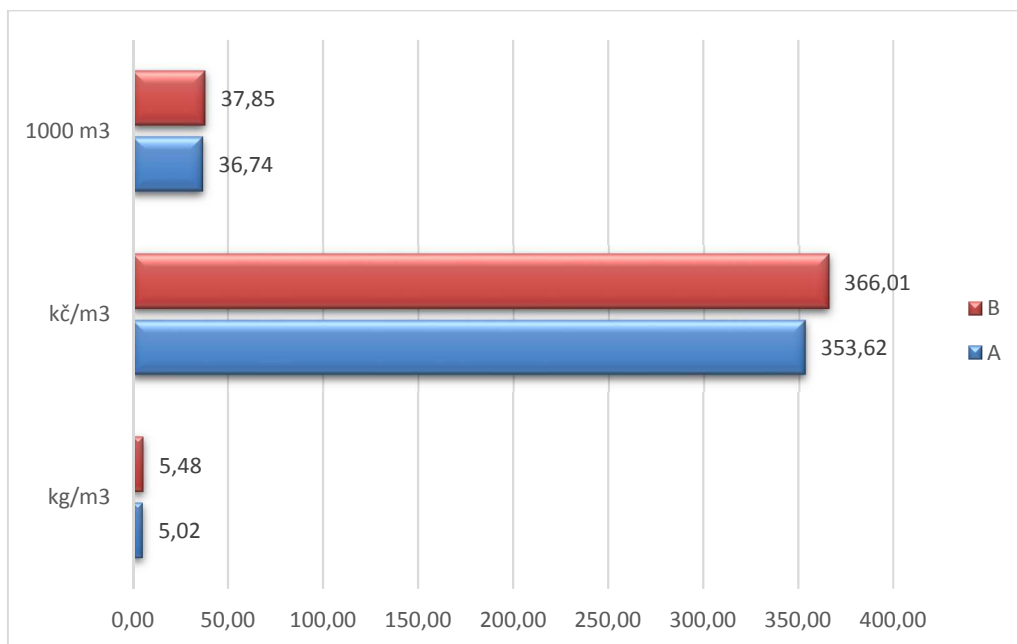
Celková spotřeba materiálu se liší přibližně o 11 %. Jedním z důvodů je i fakt, že varianta „B“ je prostorově objemnější než varianta „A“. Dalším z nezanedbatelných důvodů je odlišné množství a dimenze hlavních i vedlejších sloupků a mezisloupů. Rozdílnou položkou je i způsob zastřešení. Zatímco ve variantě s příhradovou deskou jsou střešní ztužidla dimenzována jako systémová táhla, která jsou u dolního i horního povrchu desky, ve variantě s příhradovými vazníky jsou ztužidla uvažována i pro přenos tlaku a z toho plynou masivnější profily z kruhových trubek. Navíc je ve variantě „B“ potřeba zajistit tuhost pomocí okapového ztužidla. Z výše uvedeného grafu můžeme i vyčíst vyšší nároky na třídu oceli u varianty „A“.

## 2.2 POROVNÁNÍ Z HLEDISKA CENY



Podíváme-li se na položku zobrazující pouze cenu materiálu vidíme rozdíl přibližně 7 %. Důvod proč procentuální rozdíl u ceny a spotřeby materiálu není podobnější je ten, že cena za kilogram oceli je u uzavřených průřezů vyšší než například u profilu HEB, který je více využit ve variantě „B“. Procentuální rozdíl je stejný i u řádku „materiál + montáž“. U těchto hodnot bych chtěl zdůraznit, že jejich hodnota je značně orientační a v žádném případě nelze brát jako konečná. Při stanovení hodnot byla brána stejná hodnota Kč/kg v obou variantách pro dané profily. Tento způsob však není zcela přesný, neboť přesně nezohledňuje způsob připojení a náročnost montáže. Konečná cena zhotovení konstrukce bude stanovena po výběru dodavatele konstrukce.

## 2.3 POROVNÁNÍ Z HLEDISKA POMĚRU CENA/OBJEM, HMOTNOST/OBJEM



Přítomné hodnoty ukazují efektivitu využití materiálu (ceny) vzhledem k objemu konstrukce. Rozdíl přibližně 3 % v objemu konstrukce je způsoben odlišným řešením štítových stěn. Ve variantě „A“ střešní konstrukce přechází nad štítovou stěnou a 1,5m na každé straně, zatímco u varianty „B“ štítová stěna lícuje s krajem střechy a hala pohlcuje větší objem. Zásadnějšími ukazateli z hlediska spotřeby financí a materiálu jsou však 2. a 3. řádek. Zde můžeme pozorovat, že konstrukce „A“ je přibližně o 8 % úspornější co do spotřeby materiálu než konstrukce „B“. Z hlediska ceny pak tento rozdíl činí přibližně pouhých 4 %. Parametr vychází z celkové ceny konstrukce včetně montáže. Jak je již zmíněno v předchozím odstavci, celková cena je stanovena přibližně bez detailního zohlednění způsobu montáže. Z těchto důvodů nelze brát ukazatel poměru  $\text{kč/m}^3$  jako rozhodující a v celkovém hodnocení mu není přiřazena větší důležitost.

## 2.4 POROVNÁNÍ Z HLEDISKA DOPRAVY A MONTÁŽE

Porovnáme-li nároky na dopravu zjistíme, že výraznější rozdíly najdeme pouze v dopravě střešní konstrukce. U varianty „A“ s příhradovou deskou se počet jízd nákladního automobilu odvíjí od možnostech trasy, jelikož dělení desky je závislé na průjezdné výšce případné trasy. Tyto problémy mizí s variantou „B“ kdy největší výška přepravované části vazníku jsou 3 m.

V případě montáže a výstavby jsou tyto rozdíly. U varianty s příhradovou deskou jsou vyšší nároky na zařízení staveniště. Je potřeba zajistit dostatečně velkou plochu pro montáž a svařování desky v montážní celky. Minimální rozměry plochy pro montáž jsou 44x14 m u varianty „A“, 44x5 m u varianty „B“. Dále je tu rozdíl plynoucí ze způsobu spojení střešních

konstrukcí. Spojení příhradové desky bude probíhat na staveništi pomocí svarových spojů. S tímto je spojena vyšší pracnost, časová náročnost a zajištění kontroly provedení svaru. Spoje u varianty „B“ jsou převážně uvažovány jako šroubové.

## 2.5 POROVNÁNÍ Z HLEDISKA CHOVÁNÍ KONSTRUKCE

Z chování modelů zhotovených v programu Dlubal Rfem 5 a získaných výstupů, lze říci, že za daného konstrukčního uspořádání a použití uvedených profilů je varianta „A“ prostorově tužší a vykazuje menší globální deformace ve všech směrech. Taktéž klade nižší nároky na kotvení a základové konstrukce. Kdy u varianty „B“ je uvažováno s 30 sloupy vetknutými a s 46 vedlejšími sloupy, mezisloupky kloubově uloženými. Varianta „A“ vyžaduje 56 kloubových patek.

## 2.6 ESTETICKÉ HLEDISKO

Obě dvě varianty jsou na přibližně stejné úrovni. Největší rozdíl najdeme při pohledu na stropní konstrukci, kde varianta „B“ může zaujmout prostorovými vazníky s parabolickým dolním pásem, varianta „A“ pravidelností příhradové desky. K montáži osvětlení hrací plochy a akustických desek bude v případě varianty „B“ potřeba přídavných konstrukcí, které mohou narušit vzhled konstrukce. Z vnějšku lze pozorovat rozdíl pouze v případě přesahu střešní konstrukce příhradové desky ve všech směrech, v případě příhradových vazníků pouze na čelní a zadní straně haly. Porovnání obou variant je subjektivní záležitostí. Dle názoru autora je varianta „A“ elegantnějším řešením.

## 2.7 ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že ani jedna z variant ve výše zmiňovaných hlediscích výrazně nevybočuje. Ve výsledném rozhodování bylo nejvíce přihlédnuto k poměru hmotnost/objem a k chování konstrukce jako celku. Slabinu vybrané varianty spatřuji v komplikovanější montáži a dopravě. Vzhledem k zmíněným důvodům a charakteru práce byla autorem diplomové práce zvolena pro detailnější rozpracování **varianta „A“ – zastřešení příhradovou deskou.**

V Jablonném nad Orlicí dne 10.1.2018

Bc. Michal Kačírek

### 3 SEZNAM POUŽITÝCH NOREM A LITERATURY:

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 2004, 76 s.
- [2] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. část 1-1: Obecná zatížení. Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha: ČNI, 2004, 44 s.
- [3] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. část 1-3: Obecná zatížení. Zatížení sněhem*, Praha: ČNI, 2005, 52 s.
- [4] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí. část 1-4: Obecná zatížení. Zatížení větrem*, Praha: ČNI, 2007, 124 s.
- [5] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ČNI, 2006, 96 s.
- [6] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí. část 1-8: Navrhování styčniců*, Praha: ČNI, 2008, 128 s.
- [7] LEDERER, Ferdinand. *Priestorové ocelové konštrukcie*. Bratislava: Alfa, 1981. Edícia stavebníckej literatúry (Alfa).
- [8] <http://www.firesta.cz/download/katalog-protah.pdf>
- [9] <https://www.kingspan.com/cz/cs-cz/produkty/izolacni-sendvicove-panely>

### 4 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

#### Velká písmena

A	Plocha
A <sub>net</sub>	Plocha oslabeného průřezu
A <sub>s</sub>	Plocha šroubu účinná tahu
A <sub>w</sub>	Plocha stojiny
C <sub>dir</sub>	Součinitel směru
C <sub>e</sub>	Součinitel expozice
C <sub>o</sub>	Součinitel drsnosti
C <sub>pe,10</sub>	Součinitel tlaku
C <sub>r</sub>	Součinitel ortografie
C <sub>mLT</sub>	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C <sub>my</sub>	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C <sub>mz</sub>	Součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C <sub>1</sub>	Součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C <sub>2</sub>	Součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
C <sub>3</sub>	Součinitel závisející na zatížení a podmínkách uložení konců
E	Modul pružnosti
F <sub>b,Rd</sub>	Návrhová únosnost šroubu v otláčení
F <sub>Ed</sub>	Návrhová působící síla
F <sub>t,Rd</sub>	Návrhová únosnost šroubu v tahu
G	Modul pružnosti ve smyku
I	Moment setrvačnosti
I <sub>t</sub>	Moment tuhosti v kroucení

$I_z$	Moment setrvačnosti k osy z
$L_{cr,y}$	Vzpěrná kritická délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	Vzpěrná kritická délka kolmo k ose z
$M_{cr}$	Pružný kritický moment při klopení
$M_y$	Ohybový moment působící kolem osy y
$M_z$	Ohybový moment působící kolem osy z
$M_{ed}$	Návrhový ohybový moment
$M_{Rk}$	Charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu vohybu
$N$	Normálová síla
$N_{b,Rd}$	Vzpěrná únosnost
$N_{cr}$	Kritická síla
$N_{Ed}$	Návrhová hodnota osové síly
$N_{t,Rd}$	Návrhová únosnost vtahu
$V_{Ed}$	Návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	Plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	Elastický průřezový modul kose y
$W_{el,z}$	Elastický průřezový modul kose z
$W_{pl,y}$	Plastický průřezový modul k ose y
$W_{pl,z}$	Plastický průřezový modul kose z

## Malá písmena

a	Účinná výška svaru
b	Příslušná šířka
$c_{pi}$	součinitel vnitřního tlaku
$c_{pe}$	Součinitel tlaku pro svislé stěny podzemních staveb s pravoúhlým půdorysem
d	Jmenovitý průměr šroubu
$d_0$	Průměr otvoru pro šroub
e1	Vzdálenost šroubů od okraje
e2	Vzdálenost šroubů od okraje
$f_{cd}$	Návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_y$	Mez kluzu
$f_u$	Mez pevnosti
$f_{ub}$	Mez pevnosti materiálu šroubu
h	Výška průřezu
$i_y$	Poloměr setrvačnosti k ose y
$i_z$	Poloměr setrvačnosti k ose z
$k_{yz}$	Součinitel interakce
$k_{zy}$	Součinitel interakce
$k_{zz}$	Součinitel interakce
$k_{wt}$	Bezrozměrný parametr kroucení
n	Počet střihových rovin
p1	Rozteč mezi šrouby
p2	Rozteč mezi šrouby
$q_{b(z)}$	Referenční (základní) dynamický tlak větru (pro střední rychlost)
$q_{p(z)}$	Maximální hodnota dynamického tlaku větru
r	Rameno vnitřních sil
s	Charakteristická hodnota zatížení sněhu
sk	Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi v místě staveniště
t	Tloušťka plechu
$v_b$	Základní rychlost větru
$v_{b,0}$	Výchozí hodnota základní rychlosti větru
$v_h$	Rychlost zdvihu
$v_m$	Střední rychlost větru

$w_e$	Vnější tlak větru
$w$	Vnitřní tlak větru
$z$	Výška nad zemí
$z_0$	Parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	Parametr drsnosti terénu
$z_a$	Souřadnice působení zatížení vzhledem k těžišti průřezu
$z_d$	Vzdálenost od těžiště průřezu k dolním vláknům
$z_h$	Vzdálenost od těžiště průřezu k horním vláknům

## Velká řecká písmena

$\Phi$	Hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
$\Phi_{Lt}$	Hodnota pro výpočet součinitele klopení
$\chi$	Součinitel vzpěrnosti
$\chi_{Lt}$	Součinitel klopení

## Malá řecká písmena

$\alpha$	Sklon střechy
$\beta$	Součinitel vzpěrné délky
$\beta_w$	Kolerační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
$\gamma_c$	Součinitel spolehlivosti betonu
$\gamma_{M0}$	Dílčí součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1}$	Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_{M2}$	Dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
$\lambda$	Štíhlost
$\mu$	Součinitel tření
$\mu_{cr}$	Bezrozměrný kritický moment
$\mu_i$	Tvarový součinitel zatížení sněhem
$\pi$	Ludolfovo číslo
$\rho$	Měrná hmotnost vzduchu
$\rho$	Součinitel boulení stěny
$\tau$	Smykové napětí
$\psi$	Poměr napětí

# 5 SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha A.1

Technická zpráva – varianta „A“

Statický výpočet – varianta „A“

## Příloha A.2

Výkresová dokumentace – varianta „A“

Výkaz materiálu – varianta „A“

## Příloha B.1

Popis konstrukce – varianta „B“

Statický výpočet – varianta „B“

## Příloha B.2

Výkresová dokumentace – varianta „B“

Výkaz materiálu – varianta „B“